

La diversificació de *Cheirolophus* (*Asteraceae*) a la Macaronèsia inferida per mètodes moleculars

Vitales, D.¹, García-Fernández, A.^{2,5}, Vallès, J.¹, Pellicer, J.³, Hidalgo, O.³, Santos-Guerra, A.⁴, Sanmartín, I.⁶ & T. Garnatje.²

¹ Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Avinguda Joan XXIII s/n, 08028 Barcelona, Catalunya, Spain.

² Institut Botànic de Barcelona (IBB-CSIC-ICUB), Passeig del Migdia s/n, Parc de Montjuïc, 08038 Barcelona, Catalunya, Spain.

³ Jodrell Laboratory, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey, TW9 3AB, United Kingdom.

⁴ Jardín de Aclimatación de la Orotava, Calle Retama num. 2, 38400 Puerto de la Cruz, Islas Canarias, Spain.

⁵ Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos, c/ Tulipán s/n., 28933 Móstoles (Madrid), Spain.

⁶ Real Jardín Botánico de Madrid (CSIC), Plaza de Murillo 2, 28014 Madrid, Spain.



UNIVERSITAT DE BARCELONA



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



institut
botànic
de Barcelona

Kew
ROYAL BOTANIC GARDENS

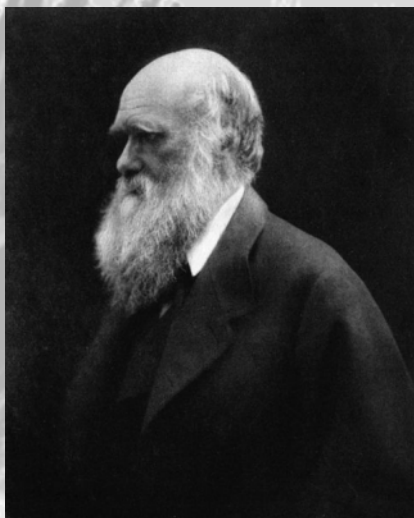


Gobierno de Canarias
Instituto Canario
de Investigaciones Agrarias

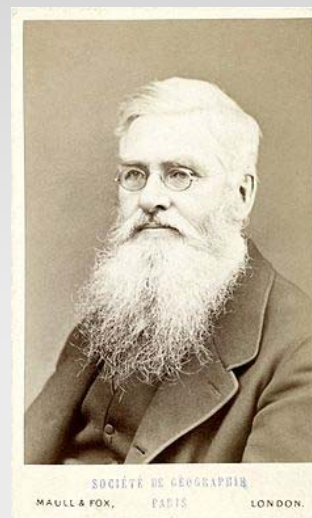


Universidad
Rey Juan Carlos

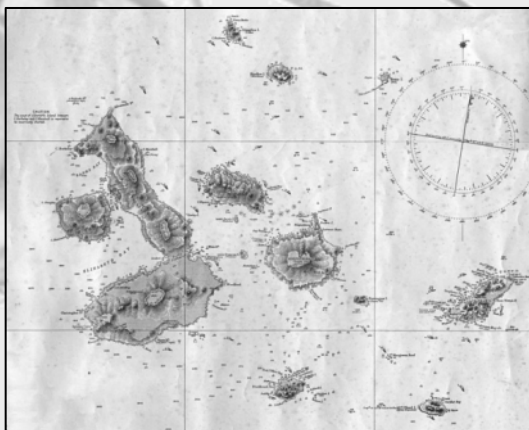
Les illes i la recerca en evolució



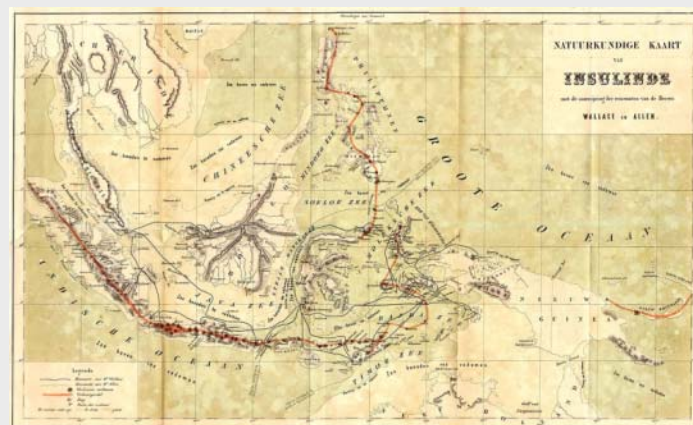
Charles R. Darwin
(1809 – 1882)



Alfred R. Wallace
(1823 – 1913)



Illes Galàpagos(1836)



Arxipèlag malai (1869)

Diversificació de plantes en illes oceàniques



Arxipèlag de Hawaii



Arxipèlag de Galàpagos



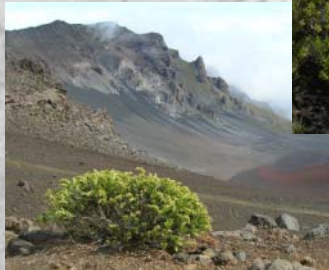
Arxipèlag macaronèsic



Argyroxiphium sandwicense



Dubautia arborea



Dubautia menziesii



Scalesia pedunculata



Scalesia pedunculata



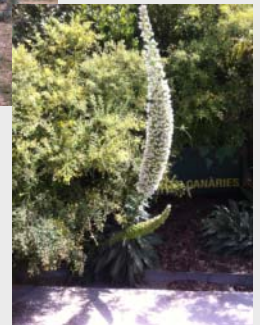
Scalesia incisa



Echium candicans



Echium wildpretii



Echium simplex

Els arxipèlags macaronèsics

- Cinc arxipèlags:

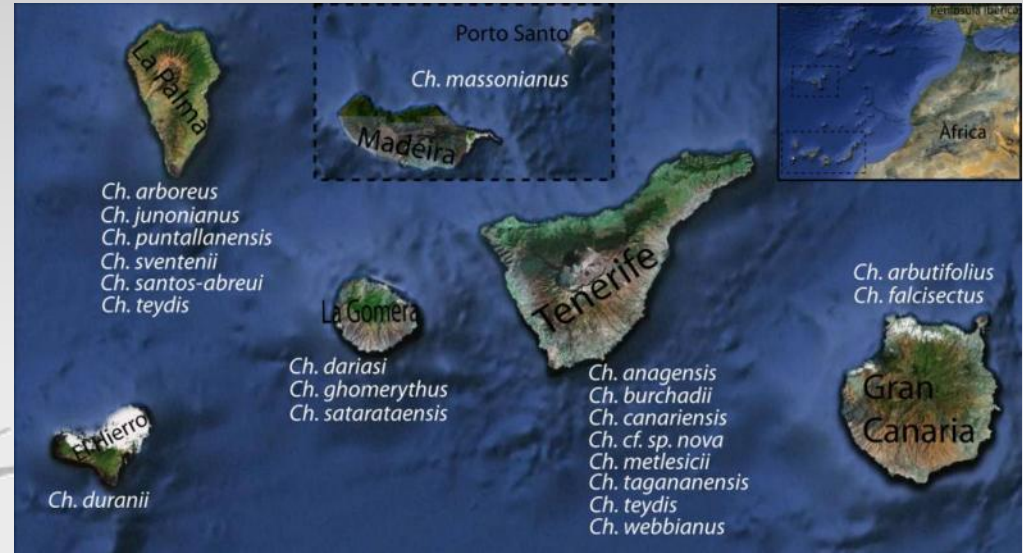
- Açores
- Madeira
- Salvatges
- Illes Canàries
- Cap Verd



- Trets generals insulars
- Hotspot de biodiversitat global
- Ampli rang d'edats geològiques
- Varietat de condicions ecològiques



Els *Cheirolophus* macaronèsics



Ch. falcisectus

The IUCN Red List of Threatened Species™ 2013.2

Home | About | Initiatives | News | Photos | Partners | Sponsors | Resources

Enter Red List search term(s) OTHER SEARCH OPTIONS Discover more

Home > *Cheirolophus falcisectus*

Cheirolophus falcisectus

VIEW MAP

| RECENTLY ADDED | NEWLY ADDED | LEAST CONCERN | NEAR THREATENED | VULNERABLE | ENDANGERED | CRITICALLY ENDANGERED | EXTINCT IN THE WILD | EXTINCT |
|----------------|-------------|---------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|---------------------|---------|
| 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Summary | Classification Schemes | Images & External Links | Bibliography | Full Account

Taxonomy (tree)

| Kingdom | Phylum | Class | Order | Family |
|---------|---------------|---------------|-----------|------------|
| PLANTAE | TRACHEOPHYTES | MAGNOLIOPSIDA | ASTERALES | COMPOSITAE |

Scientific Name: *Cheirolophus falcisectus*
 Species Authority: Svent. ex Montenegro & Moraleda
 Common Name(s):
 Spanish - Cabezón de Guigüí, Cabezón Rosado

Taxonomy Assessment Information
 Geographic Range
 Distribution
 Habitat and Ecology
 Threats
 Conservation Actions
 View Printer Friendly

17 *Cheirolophus* macaronèsics amenaçats



9 inclosos a la llista vermella de la UICN

Els *Cheirolophus* macaronèsics



Increment de la
llenyositat

Inflorescències grans i
nombroses

Diversitat morfològica
i ecològica



Ch. arbutifolius



Ch. burchardii



Ch. satarataensis



Ch. junonianus

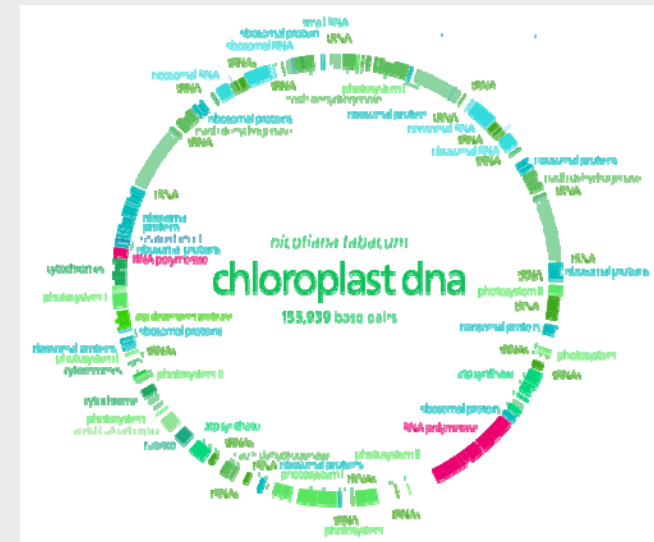
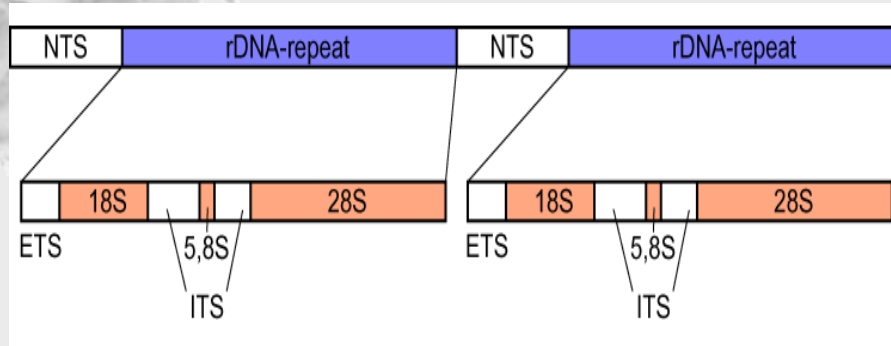
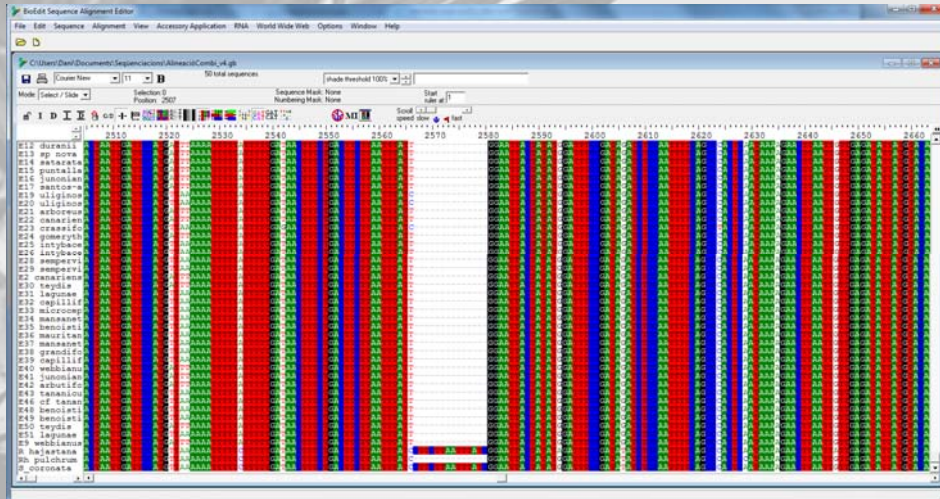
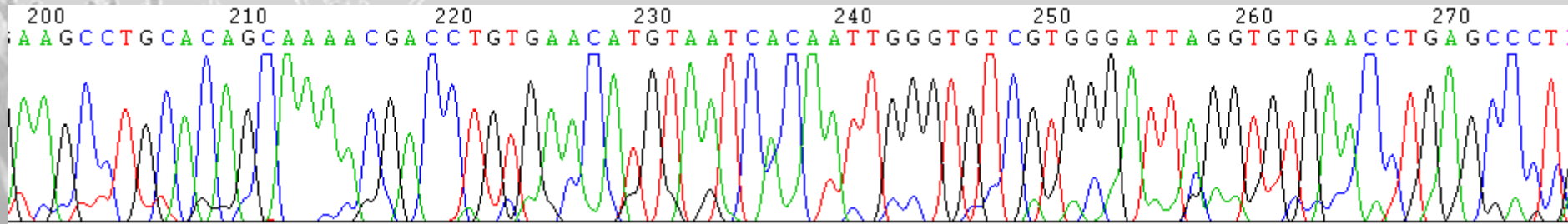


Ch. teydis



Ch. puntallanensis

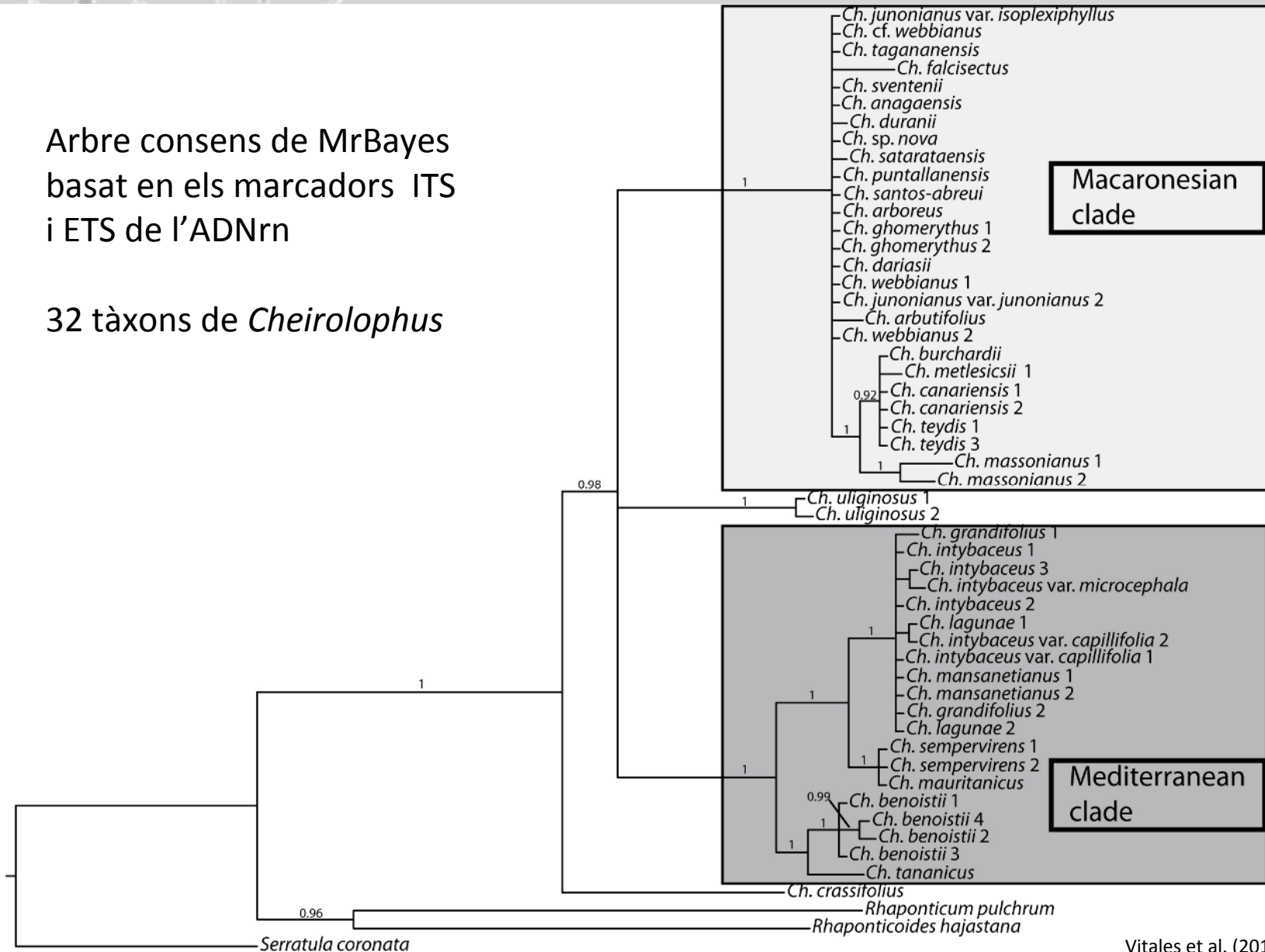
Mètode d'estudi I: la seqüenciació de regions d'ADN



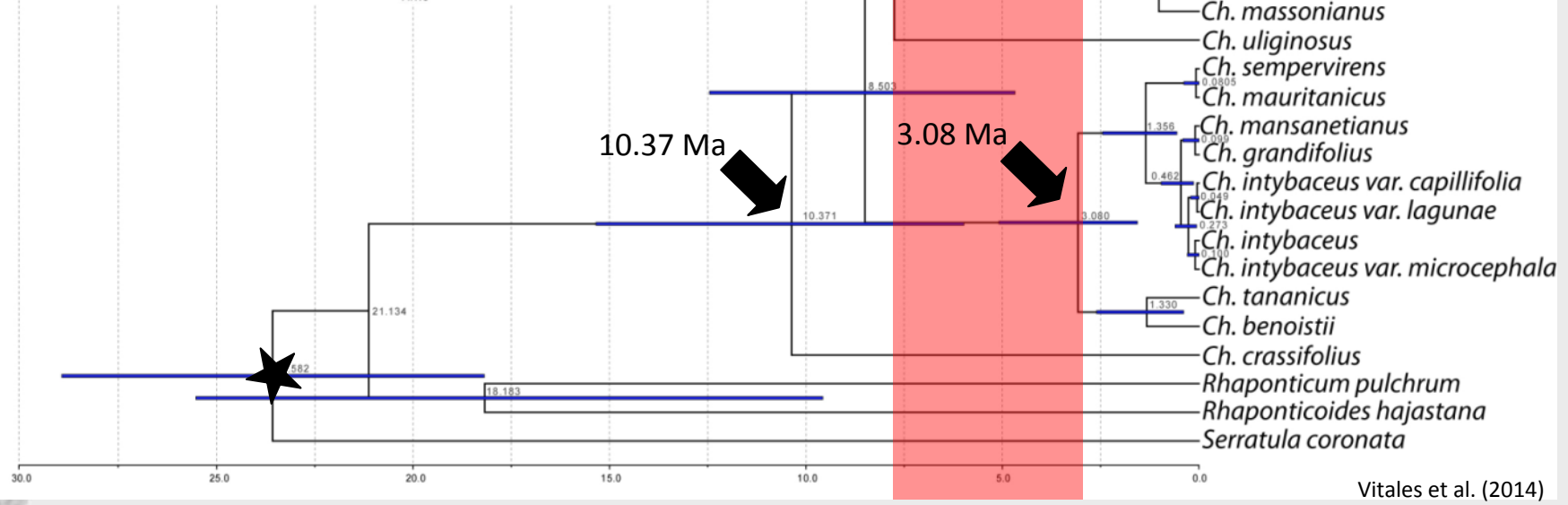
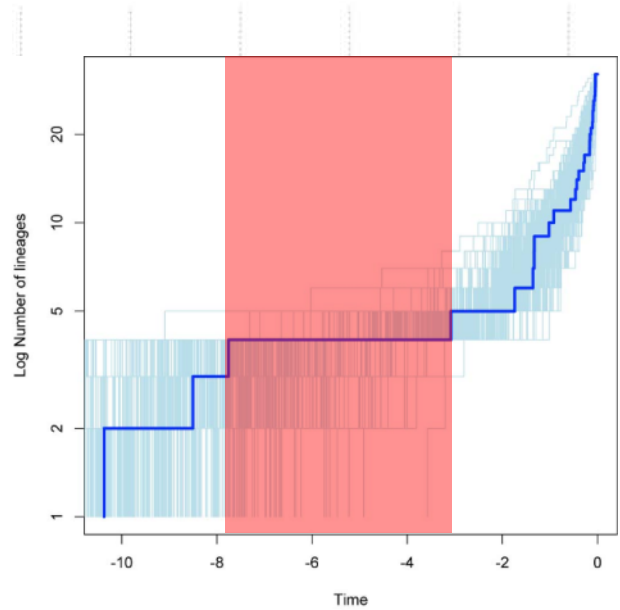
La història evolutiva de *Cheirolophus*: dades de l'ADN ribosòmic nuclear

Arbre consens de MrBayes
basat en els marcadors ITS
i ETS de l'ADNr_n

32 tàxons de *Cheirolophus*



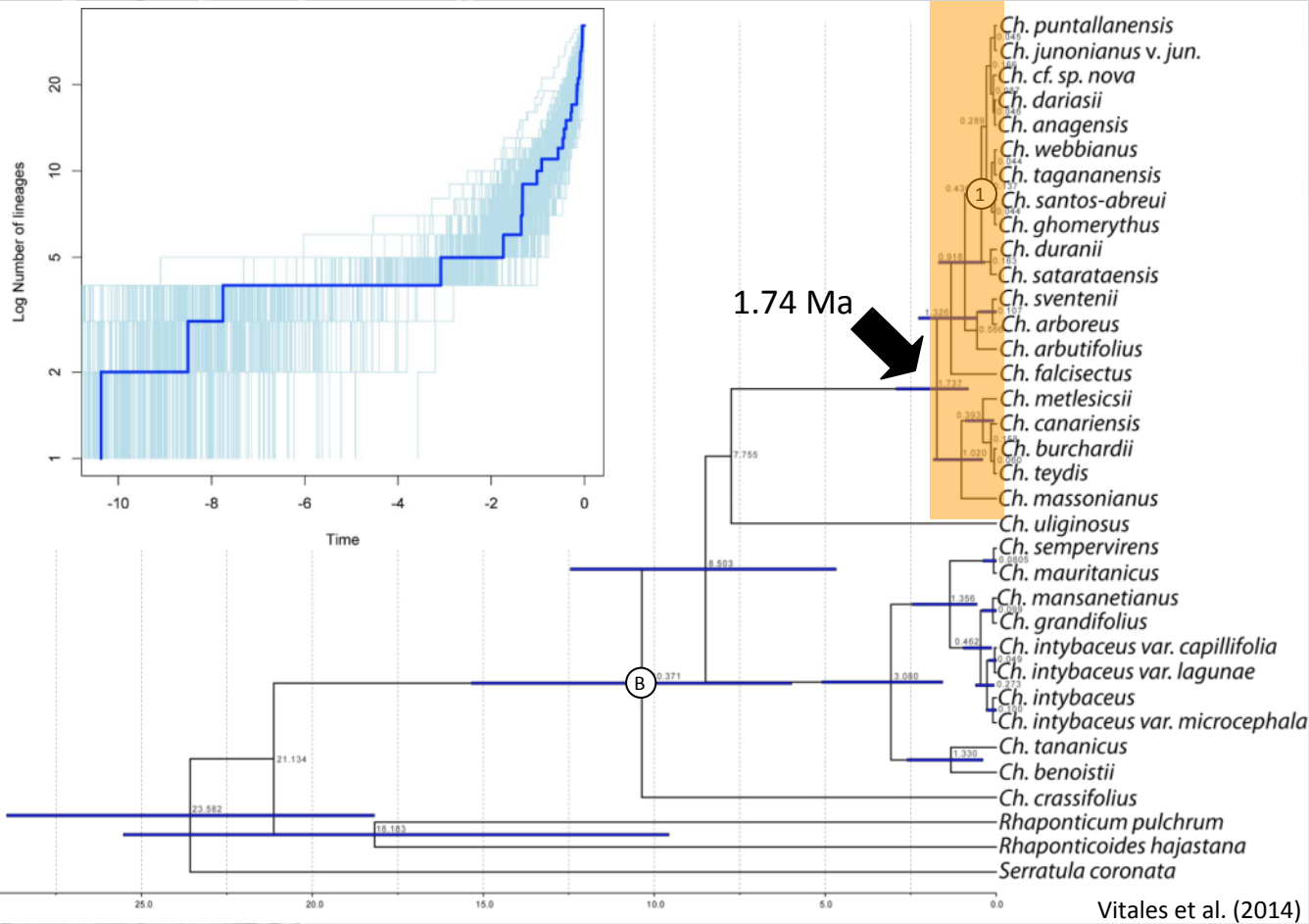
La història evolutiva de *Cheirolophus*: dades de l'ADN ribosòmic nuclear



Vitales et al. (2014)

★ 24.51 Ma; Barres et al. (2013).

La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'ADN ribosòmic nuclear



Vitales et al. (2014)

- Taxa de diversificació de les espècies macaronèsiques més alta que a la resta del gènere ($P < 0.05$; Magallon & Sanderson 2001)

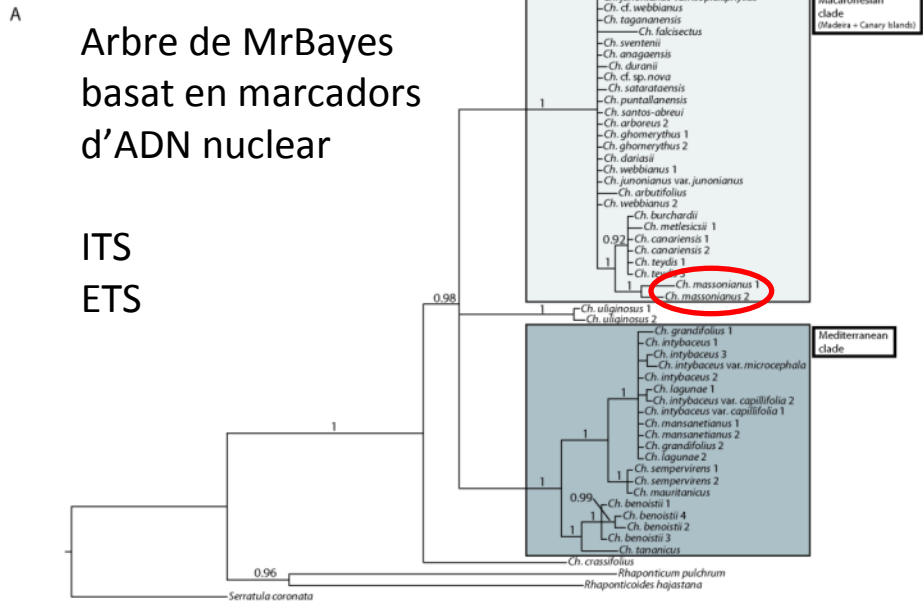
- Medusa (Alfaro et al. 2009) detecta una acceleració significativa de la taxa d'especiació dintre del clade macaronèsic ($rB = 0.00022$ a $r1 = 6.55$)

- Taxa de diversificació del clade macaronèsic:
0.34-2.84 espècies/MY

Una de les radiacions insulars més ràpides mai observades (veure Knøpe et al. 2012)

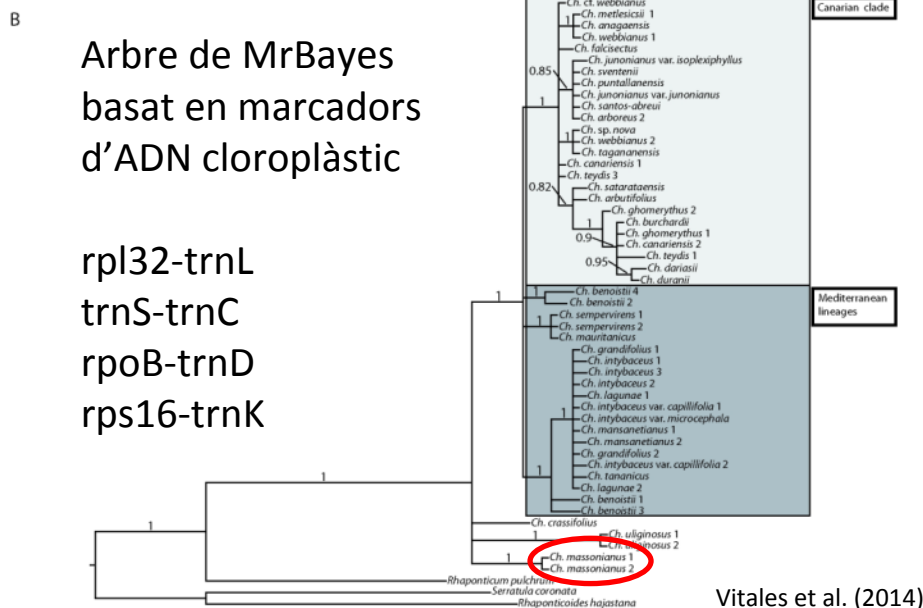
Potser la taxa de diversificació per unitat de superfície més gran de les que es té constància en plantes? ($4.09 \cdot 10^{-5}$ - $3.41 \cdot 10^{-4}$ espècies/MY \cdot km²)

La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronesia : incongruències entre l'ADN nuclear i l'ADN cloroplàstic



Forta incongruència entre l'ADN nuclear i cloroplàstic a l'endemisme de Madeira *Ch. massonianus*

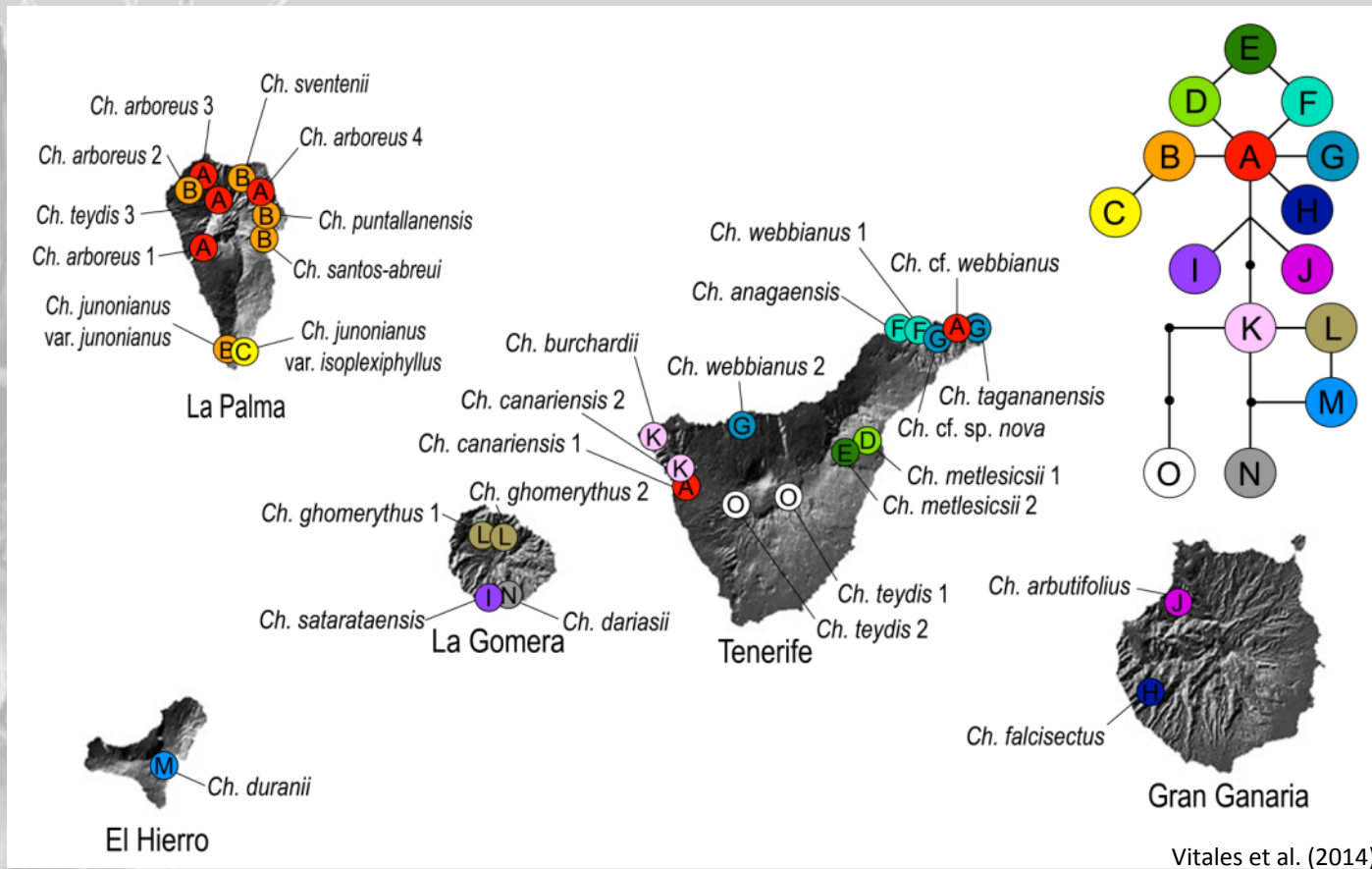
- Dues hipòtesis: **Incomplete lineage sorting vs. hibridació**
 - El senyal del cloroplast és massa antic per a considerar ILS
 - El valor 2C de *Ch. massonianus* (1.44 pg) és intermig entre el de les espècies continentals (1.58 pg) i les canàries (1.38 pg) (Garnatje et al. 2007)



Hipòtesi: hibridació i captura de cloroplast des del continent



La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'ADN cloroplàstic



- Quatre regions de cpDNA; 32 poblacions de *Cheirolophus* canaris; 15 haplotips de cpDNA

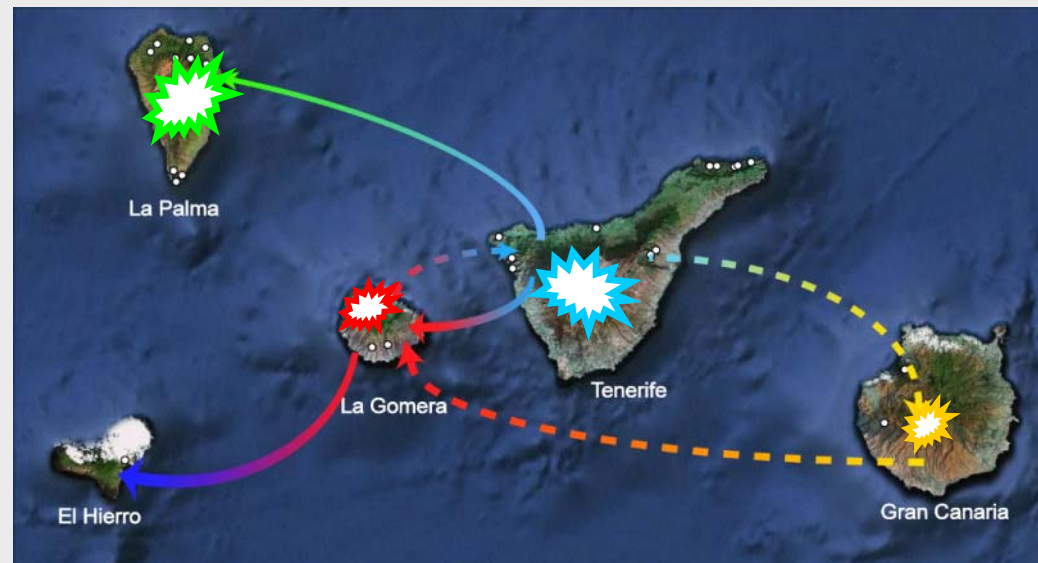
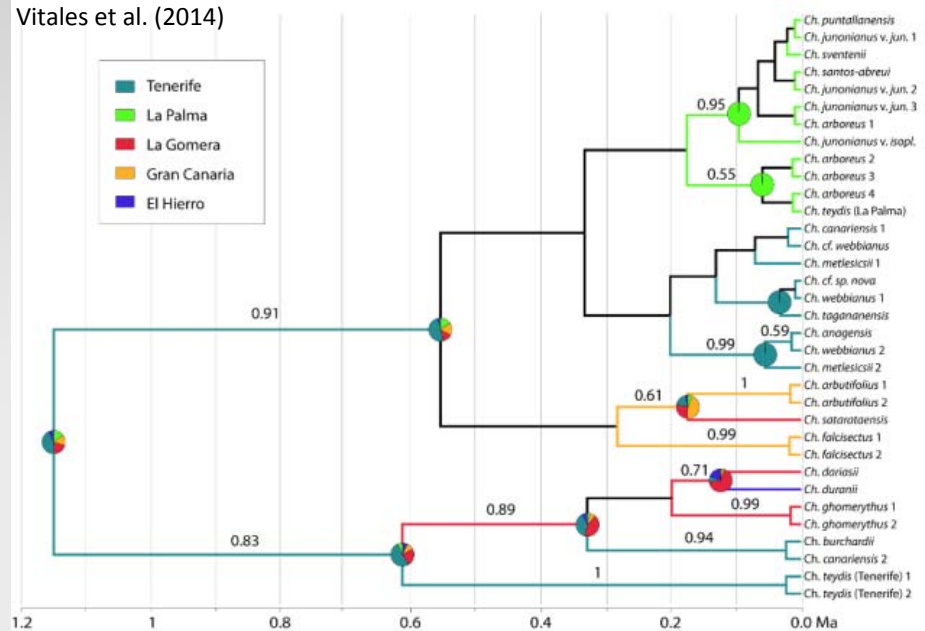
- Nul·la diversitat genètica dintre de les poblacions

- El patró geogràfic clar, només l'haplotip A es troba a dues illes diferents

La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'ADN cloroplàstic

- Múltiples mecanismes implicats a la radiació:

- Colonització entre illes
- Al·lopàtria dintre de les illes
- Adaptació ecològica incipient



Mètode d'estudi II: l'anàlisi d'AFLP

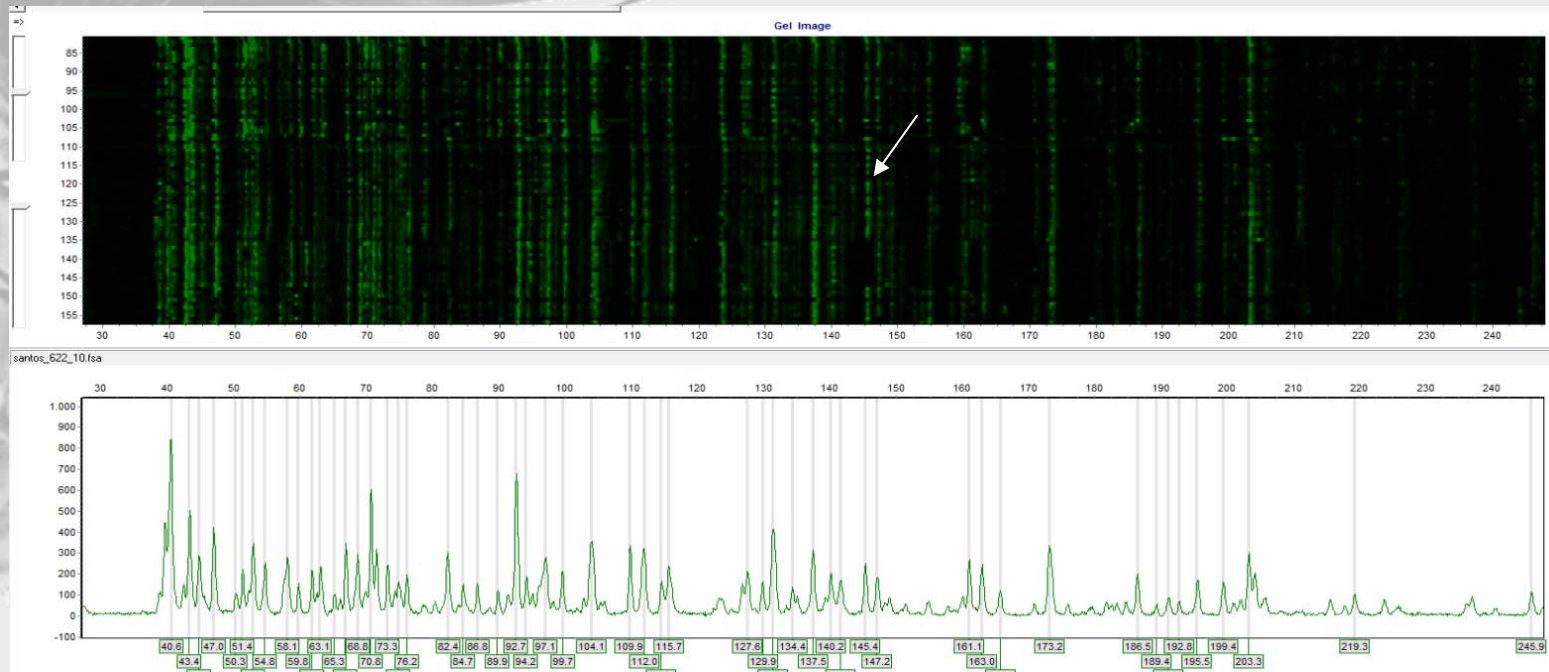
Restricció
+
Lligament



Amplificació
selectiva



Electroforesi i
lectura

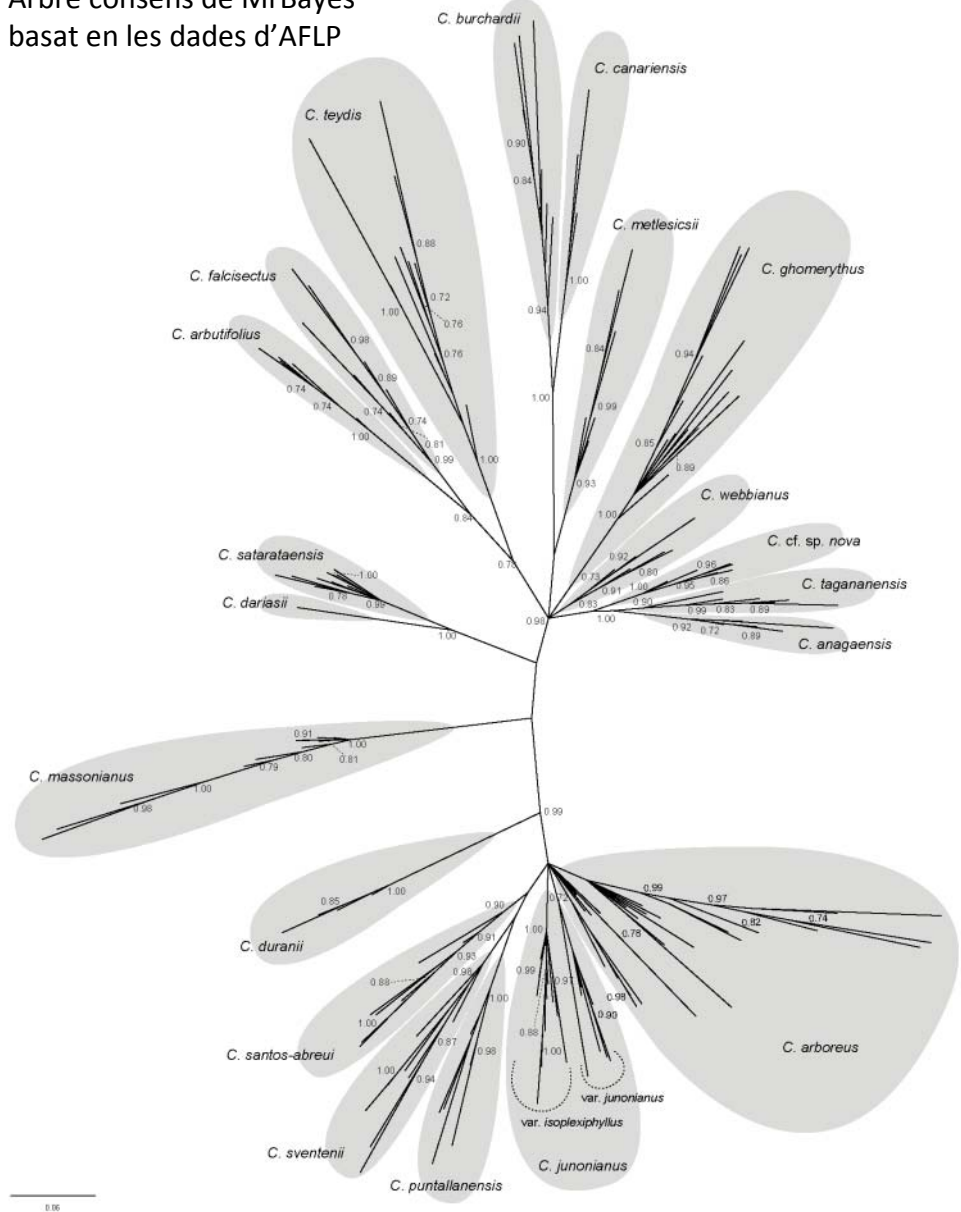


La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronesia: dades de l'anàlisi d'AFLP

- 172 individus
- Tres combinacions de primers
- 249 loci d'AFLP

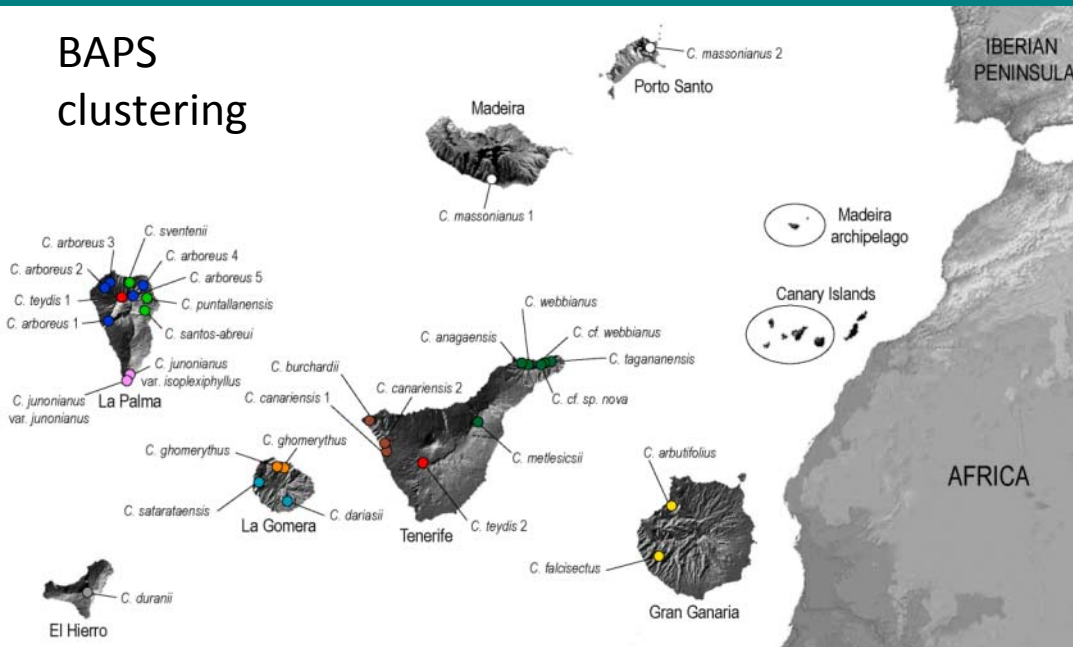
- Diferenciació genètica entre espècies
- Relacions filogenètiques no del tot resoltes
- Arbre amb topologia en forma d'estel: suport a la radiació explosiva

Arbre consens de MrBayes
basat en les dades d'AFLP

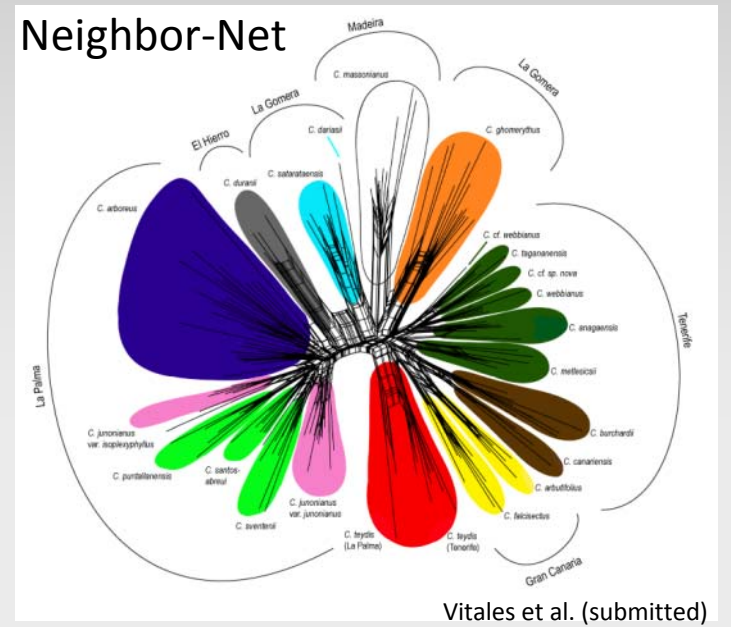


La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'anàlisi d'AFLP

BAPS clustering

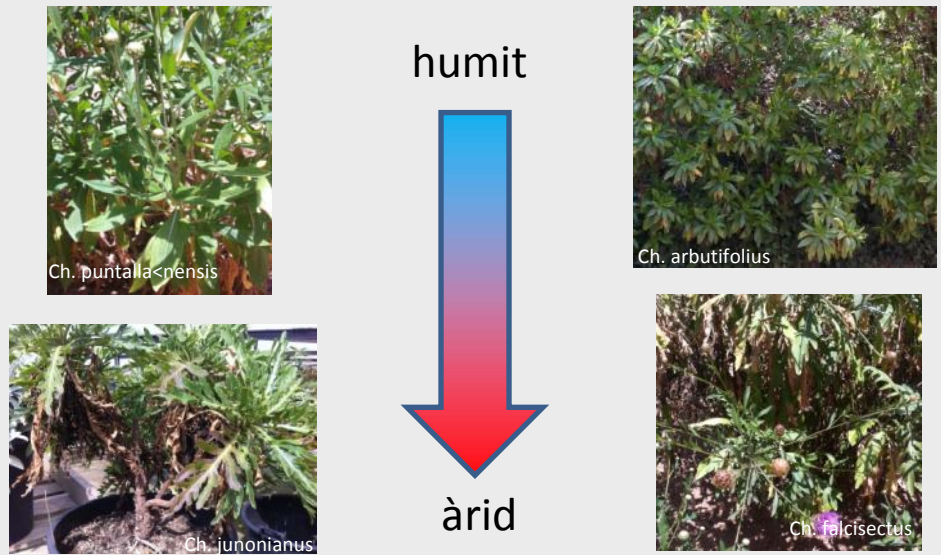


Neighbor-Net

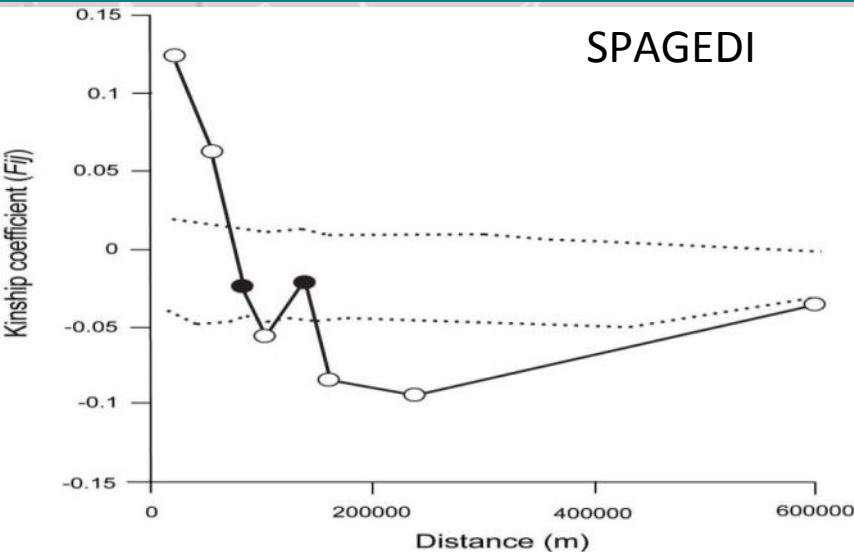


Vitales et al. (submitted)

- Patró geogràfic de diferenciació genètica
- Important paper de l'especiació al·lopàtrica inter-illa i intra-illa
- Evidències de divergència ecològica



La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'anàlisi d'AFLP

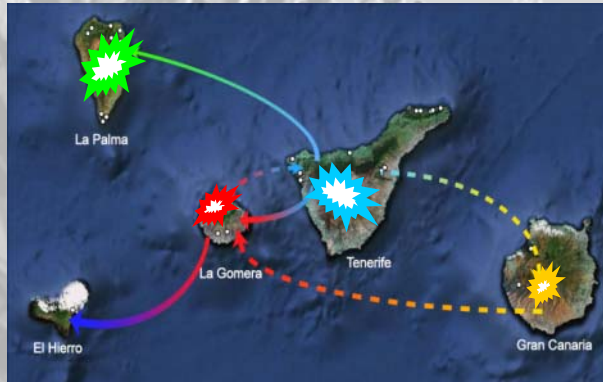


- Fort senyal d'aïllament per distància
- Valors alts en els índex de fragmentació genètica ($DW = 198.9 - 350.8$)
- Valors molt baixos d'heterozigositat dintre de les poblacions (mitjana $H_j = 0.07892$)

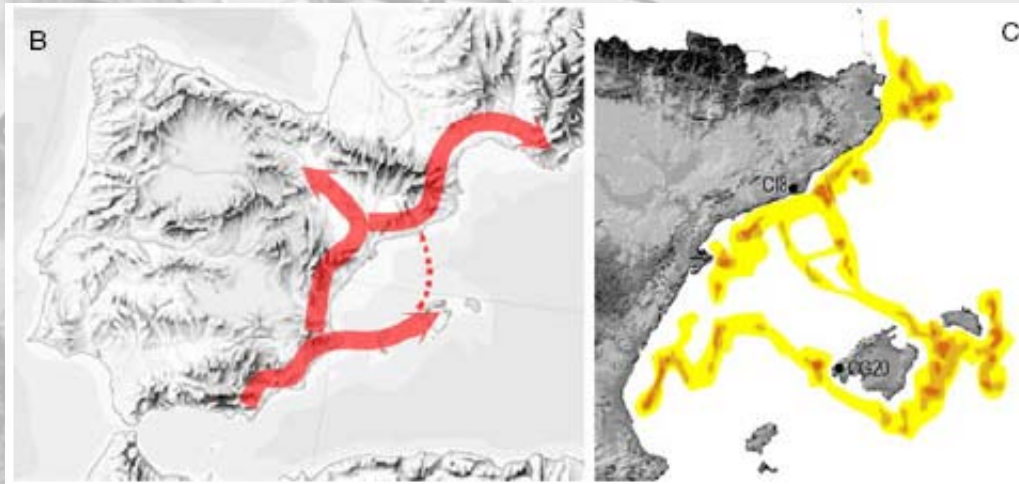


Foto per R. Vilatersana i L. Barres

La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'anàlisi d'AFLP



- Múltiples colonitzacions intra-il·les i inter-il·les
- Bona capacitat per a la dispersió a llarga distància de forma esporàdica



Estudi amb AFLP de *Ch. intybaceus*; Garnatje et al. (2012)a

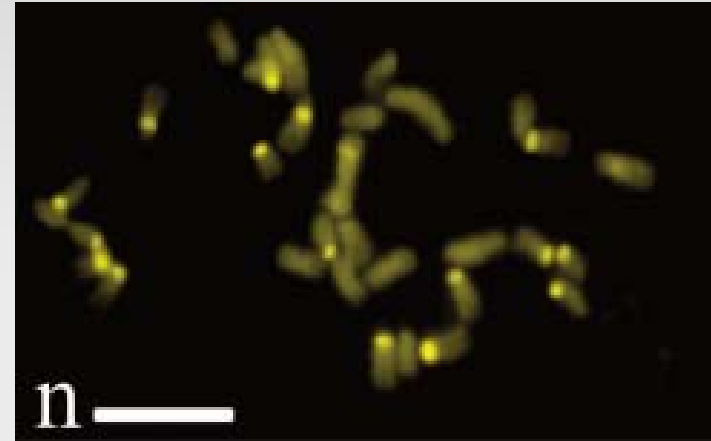


Calonectris diomedea

La radiació de *Cheirolophus* a la Macaronèsia: dades de l'anàlisi d'AFLP



Ch. webbianus



Cromosomes de *Ch. webbianus*; Garnatje et al. (2012)b

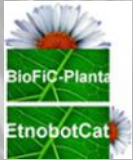
Altres característiques d'aquestes plantes que podrien afavorir l'especiació al·lopàtrica:

- Pseudo-auto-compatibilitat -> Èxit colonitzador
- Origen antic poliploide ($x = 15$) -> Augment de la diversitat genètica

Conclusions

- La diversitat de *Cheirolophus* a la Macaronèsia és el resultat d'una radiació recent i explosiva
- L'especiació al·lopàtrica, l'adaptació ecològica incipient i la hibridació han participat en aquest procés
- La poc probable combinació de i) baixa capacitat de flux gènic juntament amb ii) bona condició per a colonitzacions esporàdiques a llarga distància podria haver facilitat la diversificació de *Cheirolophus*

Gràcies per la vostra atenció!



Els autors del grup EtnoBioFic :



Teresa Garnatje



Jaume Pellicer



Alfredo García



Joan Vallès



Oriane Hidalgo

juntament amb:



Arnaldo Santos-Guerra



Isabel Sanmartín